

地域性種苗を用いた切土のり面の樹林化について —実現場施工と追跡調査結果を踏まえた改善点—

(独) 土木研究所寒地土木研究所 道央支所
室蘭開発建設部 室蘭道路事務所 計画課
(独) 土木研究所寒地土木研究所 地域景観ユニット

○横山 博之
黒川 暁夫
松田 泰明

近年、環境との調和や景観性の向上、防災的観点から、地域性種苗を用いた切土のり面の樹林化の必要性が高まっているが、地域に応じた樹種選定方法、施工速度の遅さや草本による被圧に対する対応方法、積雪寒冷地では施工適期が限定されるなどの課題もある。

本報告では、試験的施工现场での計画・設計・施工・追跡調査結果の概要と、これらから得られた地域性種苗を用いた切土のり面の樹林化についての改善点を述べる。

キーワード：緑化・植生、地域性種苗、のり面緑化、設計

1. はじめに

最近の道路のり面緑化では、浸食防止や崩落防止の手段ばかりでなく、自然に類似した群落の再生によって、生態的、防災的、景観的な調和が望まれている。

道路土工一切土工・斜面安定工指針¹⁾では、「のり面緑化工は、のり面に植生を成立させて風化や浸食を防止し、それと併せて自然環境の保全や修景を行うのり面保護工である」としている。このため、「のり面緑化工の設計に際しては、その目的を考慮しつつ、最終的に形成する群落等の緑化目標を設定する」とされている。

ここで、周辺が樹林地の場合の緑化目標は高木林型または低木林型である^{1) 2)}が、現在の土木工事の多くは将来的な緑化目標を設定せず、斜面安定に基づく標準勾配で切土後、高密度で外来牧草種により緑化するため、植生遷移が進まず、長期間草本緑化のまま残ることが多い(写真-1)。

本報告では、平成22年度に地域性種苗を用いて樹林化工事を実施した現場の計画・設計・施工概要および追跡調査結果と、これまでの調査研究を基に作成した地域に応じた樹種選定表の改良、施工時期を限定させない中低木導入手法の検討、1層吹付厚層基材吹付工の検討、苗木保護のための仮設を必要としない施工方法の検討等について述べる。



写真-1 植生遷移が進まない切土のり面

なお、地域性種苗(地域の自生種)とは、緑化工学会(2002)の「生物多様性保全のための緑化植物の取り扱い方に関する提言」を元としているが、現在までのところ明確な定義はない。ここでは北海道に自生し、北海道で採取された種苗を地域性種苗と呼ぶことにする。

2. のり面緑化工事の計画・設計・施工概要

(1) 工事箇所と緑化目標

工事箇所は一般国道36号白老町の南向きのり面である(図-1・写真-2)。

工事箇所周辺は樹林地であり、切土のり面勾配は斜面安定に基づく標準勾配の1:1.2で設定されていた。また、一部に盛土部があり高木の導入が可能な1:2.0の緩勾配¹⁾であったが、山中式による土壌硬度³⁾が25.8~34.2mmと高く、根張りがあまり期待できなかった。そのため、本現場ではのり面全体の短期および中・長期的緑化目標を低木林型に設定した。

(2) 導入樹種の検討

地域性種苗を用いた切土のり面の樹林化の課題の1つが、切土のり面の樹林化に必要な要素である「自生分布」「地域適応性」「市場性」などを考慮した樹種選定が、一般的な土木技術者には極めて難しいことである。



図-1 工事箇所図



写真-2 のり面調査状況

当現場では、一般の土木技術者が比較的容易に地域に適した樹種選定ができるように作成された「北海道の道路のり面に適する道内産樹木（中低木）一覧表（25樹種）」⁴⁾を活用して樹種選定を行った。

本現場ではなるべく多くの樹種の切土のり面での生育適応性を調査するため、苗木による導入樹種を5種類、播種工での導入樹種を1種類選定した。以下が導入した樹種である。

- a) 苗木による導入樹種：イボタノキ、カンボク、タニウツギ、ノリウツギ、マユミ
- b) 播種工による導入樹種：エゾヤマハギ

(3) 低木苗木導入工法の選定

導入工法は、限られた低木苗木を確実にのり面に導入することができる工法として、『苗木設置吹付工』¹⁾²⁾を採用した。『苗木設置吹付工』は、小苗木をのり面に固定し、草本類の種子と植生基盤を合わせて吹き付ける工法である。なお、木本類は草本との競合に負けやすいため、本現場では苗木周りに 50cm×50cm のジュート（麻布）製マルチングを行った。

(4) 低木導入密度の検討

中低木が生長すると葉張りは2m程度になる。このため、2mピッチで植栽すると図-2に示す植生樹冠疎密度のイメージで密な状態となるため、景観的に好ましく、植生に雪崩抑止効果を期待する場合にも有利になる⁵⁾。

そこで、本現場では対象面積約5,000㎡に対し、25本/100㎡程度の木本密度を計画した。これにコスト縮減効果を期待し、15本/100㎡程度を苗木設置吹付工で、残り10本/100㎡程度を播種工で導入する計画とした。

a) 中低木導入計画

苗木は2mピッチで5種類の苗木を配置し、景観的な不自然さを避けるため空きの部分を作った（図-3）。

b) 吹付方法の検討

播種工で導入する地域性種苗の木本種子を市場から入手することは極めて困難である。そのため本現場では、播種工で導入する木本の種子量を少なくするため、厚層基材吹付においては、種子入り層と栄養層の2層吹付で計画した。

(5) 草本導入品種と密度の検討

のり面に低木類を導入する場合、のり面の安定を図るための草本類による被覆植生の導入が一般に必要である。

○樹高：高木(8m以上)、中木(4~8m)、低木(2~4m)、無林(2m以下の低灌木、裸地、草地)

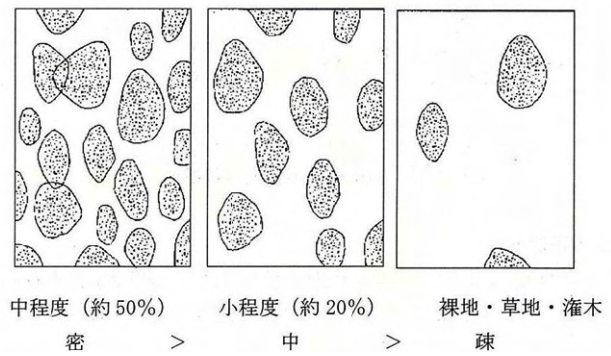


図-2 植生樹冠疎密度のイメージ⁵⁾

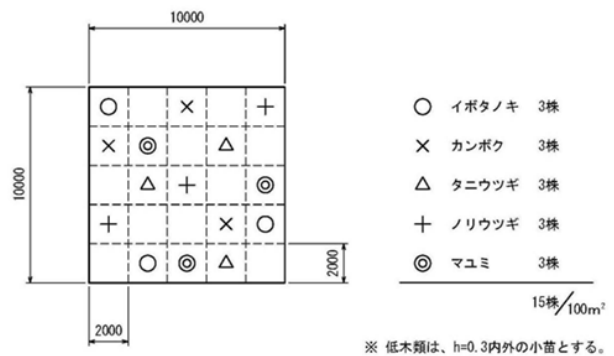


図-3 植栽配置図

草本類によるのり面の被覆植生の導入においては、通常トルフェスクやオーチャードグラスのような外来種の高茎草本が使用される。これらは、初期生育が極めて早い低木類を被圧する恐れがある。

国総研の緑化生態研究室では、「緑化植物としてイネ科植物を使用する場合は、緑化目的を達成し得る範囲内において可能な限り、草丈の低い種・品種、種子による繁殖力の小さい種・品種を使用することが望ましい」としている⁶⁾。

そこで、本現場では一般的なトルフェスク(背丈80cm~100cm)の代わりに、トルフェスク(BONSAI)という草丈の低い品種(草丈40~70cm)を主体に、同じく草丈の低いケンタッキーブルーグラスとクリーピングレッドフェスクを混合し、これに木本類のエゾヤマハギを加え、一般的な北海道の草本緑化期待本数(5,000本/㎡)の約4割の2,000本/㎡を草本類期待本数として、

表-1の^{わいせい}矮性芝草等による配合計画を行った。

表-1 ^{わいせい}矮性芝草等による配合計画例

植物名	科目	分類	種子重量 (粒/g)	純度 (%)	発芽率 (%)	期待本数 (株/㎡)	工法	立地 補正	時期 補正	播種量 (g/㎡)	播種量 (kg/100㎡)	播種量 (粒/㎡)	単価 (円/kg)	面積当り単価 (円/100㎡)	備考
ケンタッキーブルーグラス	イネ科	外来芝草	3,000	99.81	87.0	800	1.00	1.00	1.00	0.23	0.023	690	1,400	32	
クリーピングレッドフェスク	イネ科	外来芝草	1,000	98.76	92.3	800	1.00	1.00	1.00	0.88	0.088	880	750	66	
トルフェスク(BONSAI)	イネ科	外来芝草	400	99.16	92.0	800	1.00	1.00	1.00	1.64	0.164	656	950	156	
エゾヤマハギ	マメ科	在来木本	150	95.00	40.0	1	1.00	1.00	1.00	0.02	0.002	3	160,000	320	道内産
合計						2,001				2.77	0.277	2,229		574	

(6) NETIS登録緑化工法の選定

現地地盤は地盤改良およびソイルセメントで固化した基盤のため、強アルカリ (pH=10.7)かつ土壌硬度が 25.8 ~34.2 mmと硬いことが特徴である。

土壌硬度 23~25 mm以上の切土のり面を緑化する場合、北海道開発局では、植生基材吹付工(有機質系)が代表工法となっている²⁾。近年はこれに代わり NETIS⁷⁾ に登録されている工法が使われる事も多く、それらの中には木本導入に適した工法もある。本現場では「NETIS 情報内ののり面緑化工法(道内実績)の技術内訳」⁴⁾を活用し、強アルカリの基盤に対応可能かつ特殊ふとんかご上の緑化も可能で、比較的廉価な「恒生微生物菌緑化工法」を選定した。

3. 追跡調査結果

(1) 調査日と調査内容

調査は春調査を平成 23 年 6 月に、秋調査は平成 23 年 10 月に 2 日間づつ行った。試験工区の標準断面図と土壌硬度・pH測定図および調査方形区位置図を図-4に示す。

a) 木本緑化部の調査方法

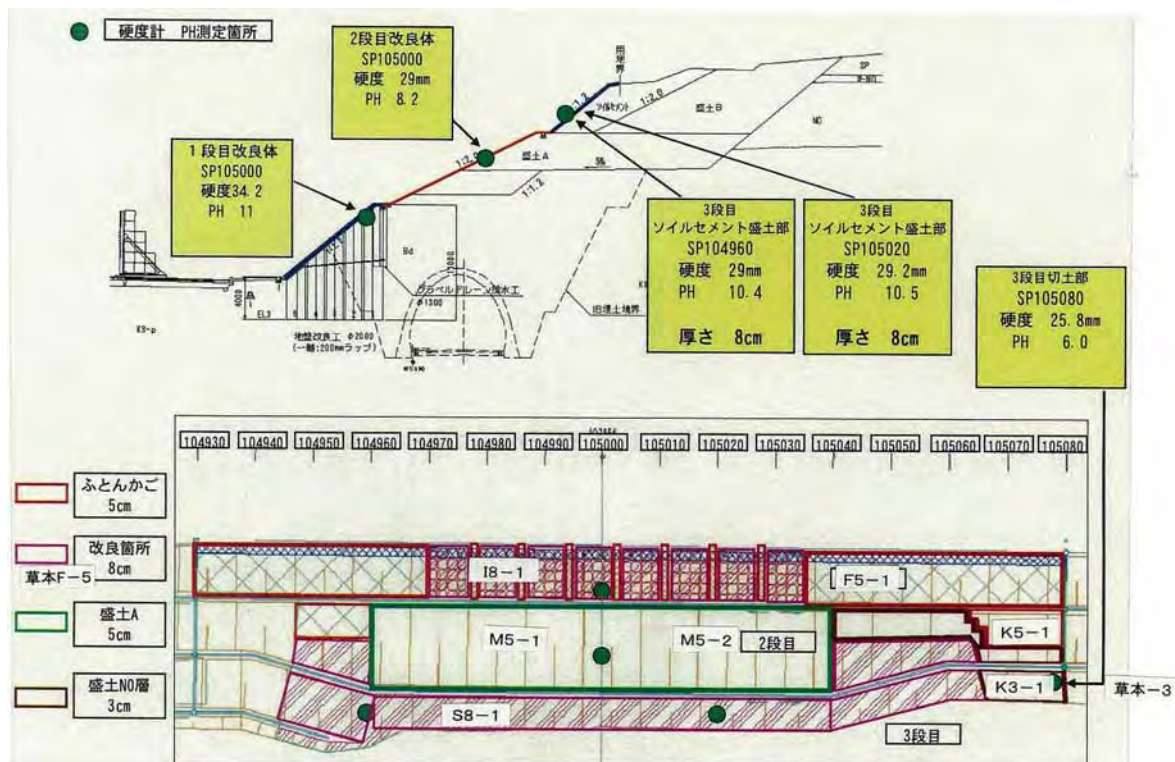
木本緑化部調査は、10m×10m もしくは 12.5m×8m の 100㎡ の方形区をのり面内の代表箇所を設定し、樹種別生存状況、工区別苗木生存率等を行った(写真-3)。なお、調査では春に調査した苗木を秋にも調査した。

b) 草本緑化部の調査方法

草本緑化調査は、春・秋調査とも木本緑化箇所内の各箇所および試験区外の起点側 1 箇所(図-4の草本F-5)、終点側 1 箇所(図-4の草本-3)に 1m×1m の方形区を設定し、植被率・丈高測定(写真-4)を行った。

c) 土壌硬度調査

木本緑化部および試験区外の草本緑化部において、山中式による土壌硬度測定(写真-5)を行った。



(※ふとんかご部 (F5-1: ふとんかご部で基材厚 5cm)、土壌改良部 (S8-1: ソイルセメントによる改良で基材厚 8cm、I8-1: 改良体で基材厚 8cm)、盛土部 (M5-1、M5-2 盛土部で基材厚 5cm)、切土部 (K5-1、K5-2: 切土部で基材厚 5cm))

図-4 試験工区の標準断面図と土壌硬度・pH測定図(上)および調査方形区位置図(下)



写真-3 カンボクの活着状況

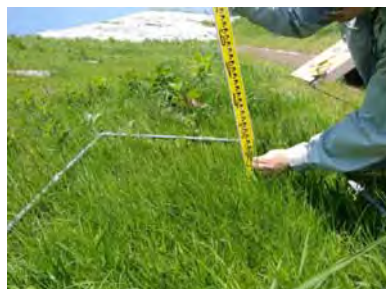


写真-4 被植率・草丈測定状況



写真-5 土壌硬度測定状況(山中式)

(2) 苗木導入樹種の樹種別生存率

樹種別の生存率を図-5に示す。タニウツギの生存率が春 71.4%、秋 57.1%となったが、その他の樹種では、秋時点で 90%以上の生存率を示し、木本類全体の生存率は春 90.7%、秋 86.9%となっている。

この理由としては、次のことが考えられる。

- ・工事の特記仕様書の設計規格 $h = 30\text{cm} \pm 10\text{cm}$ に対し、タニウツギ以外の樹種は大きめの個体だった。納入時の樹高がある程度高い方が苗木の生命力は強い。
- ・タニウツギは多雪地帯に多く分布する⁸⁾が、現地は最大積雪深が 0.70m 程度と小さく苗が寒風にさらされやすいので、タニウツギには厳しい現場条件だった。

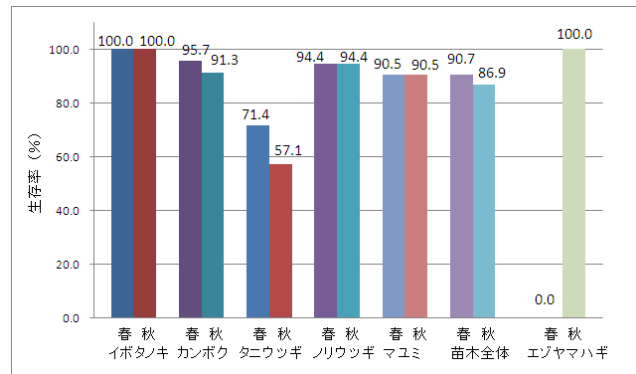


図-5 樹種別 生存状況

(3) 苗木で導入した樹種の工区別生存率

工区別の木本類の生存率を図-6に示す。盛土部の生存率が切土部に比べ高い理由は、次のことが考えられる。

- ・盛土部の勾配が 1:2.0 と切土部の 1:1.2 に比べ緩いため、水分や栄養分の補給に有利に働く。
- ・勾配が緩くなるに従い、のり面積積雪のグライド量が小さくなる⁹⁾ので、苗木に働く積雪の沈降力が弱い。
- ・1:1.5 より緩い勾配では斜面積雪深が 1:1.2 に比べ多く見込める¹⁰⁾。このため凍結深度が浅くなり、苗木保護に有利となる。

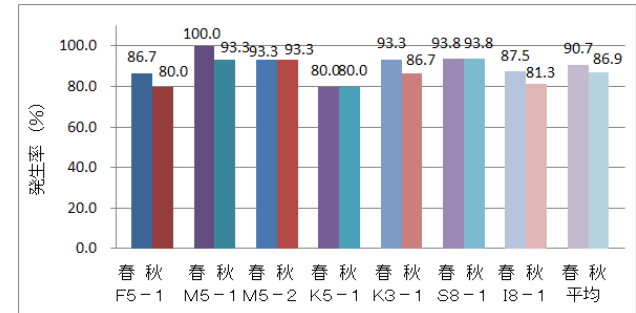


図-6 工区別 苗木 生存率

(4) 播種工で導入したエゾヤマハギ発生率

播種工で導入したエゾヤマハギの秋時点の工区別発生率を図-7に示す。期待本数に対する発生率は、盛土部の 110~240%に対し、切土部では 0~170%と、盛土部の成績が良く、工区全体の発生率は平均で 100%である。

エゾヤマハギは硬実性の種子であり、導入した種子は導入後数年に渡り発芽・活着する性質があるので、今後個体数の更なる増加が見込める。

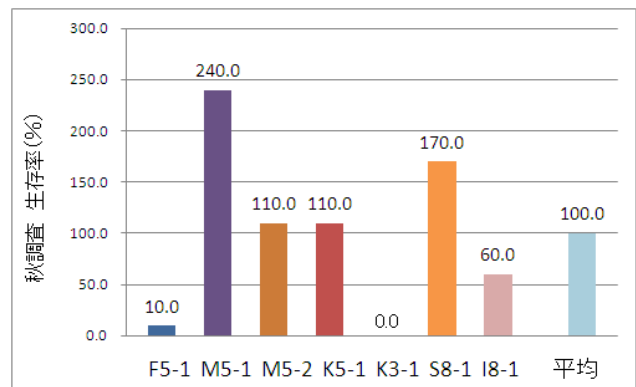


図-7 工区別 エゾヤマハギ(播種工)の発生率
(方形区内の期待本数 10 本/100m²に対しての発生率)

(5) 草本緑化調査 (植被率と草丈調査)

植被率は、草本類期待本数 2,000 本/m²の木本緑化工区内は、春調査時 90%、秋調査時 97.1%に対し、草本類期待本数 5,000 本/m²の木本緑化工区外では春調査時 90%、秋調査時 100%と、木本緑化工区と草本緑化工区ではほぼ同じとなった。

草丈については図-8に示すように、木本緑化工区内のトールフェスク (BONSAI) 草丈 51cm に対し、工区外のトールフェスクの草丈は 35cm と、5 割程度木本緑化工区の草丈が高くなっている。これは、木本緑化工区内の草本 1 本当たりの割り当て面積が約 2.5 倍大きいことが影響していると考えられる。

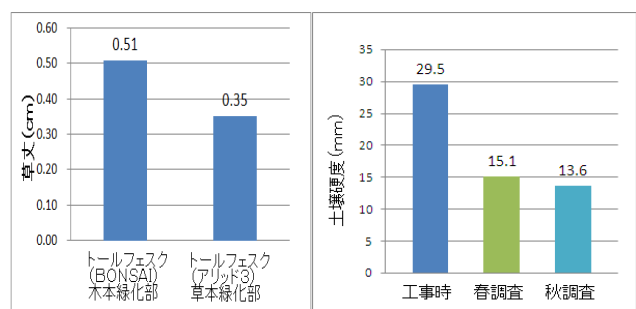


図-8 トールフェスクの草丈 図-9 土壌硬度調査結果

表-2 土壌硬度の判断基準値³⁾

評価	固さの表現	根の侵入の可否	長谷川式 S 値 (cm / drop)	山中式 (mm)
不良	硬い	根系発達に阻害有り	1.0 以下	24 以上
可	締まった	根系発達に阻害樹種有り	1.0~1.5	24~20
良	柔らか	根系発達に阻害なし	1.5~4.0	20~11
一	膨軟過ぎ	〃 (低支持力、乾燥)	4.0 以上	11 以下

(6) 土壌硬度

図-9に示すように、工事時の平均土壌硬度 29.5mm に対し、春調査時では平均 15.1mm、秋調査時では平均 13.6mm となっている。表-2に示すように、土壌硬度

の判断基準値では、20～11mm が根系発達に阻害なしとされていることから、現段階の土壤硬度は木本の根系発達に対し、良好な数値を示している。

4. 今後の中低木緑化の計画・設計・施工について

(1) 地域性種苗を用いた切土のり面の樹林化の課題

本現場における地域性種苗を用いた切土のり面の樹林化の計画・設計・施工および施工後1年目の追跡調査結果から、次のような課題が明らかになった。

- a) 樹種選定表の樹種数が25種では多すぎ、樹木の知識が少ない土木技術者が適用樹種を絞り込むのが困難である。さらに、絞り込んだ樹種の流通在庫を確認してみると、調達が困難なものが多かった。
- b) 道路のり面内の植栽適期は晩秋～初冬期である³⁾ 4)。しかし、地山が雨水により流出しやすい土質の場合、植栽時期をこの時期に限定すると、同一のり面内で樹林化できない箇所が出現することがある。
- c) 播種工で導入する地域性種苗の種子量を少なくするため2層吹付としたが、1層吹付に比べ施工性が落ちるので長い工期が必要となり、コストアップにつながる。
- d) 現在の施工方法では苗木保護のための仮設材が必要だが、その撤去作業が吹付作業後になるため吹付部の補修作業が必須で、コスト的にも不利。このため、苗木保護のための仮設が不要となる施工方法の開発が必要である。

(2) 地域性種苗を用いた切土のり面の樹林化の解決策

(1)の課題についての解決策をそれぞれ検討した。

a) 地域に応じた樹種選定表の改良について

特定の地域にしか分布しない樹種や、市場での流通が少ない樹種を除外し、中・低木25種から11種まで樹種を絞り込んだ(表-3)。

b) 施工時期を限定しない中低木導入手法の検討

樹木の種苗は活着に約6ヶ月かかるとされている¹³⁾。このため、積雪寒冷地で8～9月頃木本導入工事を行うと、活着前に樹木が積雪グライドで抜け落ちてしまうことが考えられるので、これまでは積雪寒冷地の道路のり面内の植栽工適期を晩秋～初冬期としてきた。

晩秋～初冬期に苗木設置吹付工により植栽工を施工した本現場における秋時点での苗木生存率は約87%。同じ時期に植栽工事を行ったR239西興部のり面での施工後5年経過時の苗木生存率は約80%であった¹⁴⁾。適期前に植栽工事を実施すると、苗木生存率が下がると考えられるが、図-10のように苗木を順序よく決まった順番で配置しても、導入した樹木がある程度枯れることを想定して苗木密度を設定すれば、結果として図-3のような苗木配置となり、自然な景観に見える可能性が高い。

このため、今後は導入する個体がある程度の割合いで枯れることを想定した植栽計画を検討していきたい。

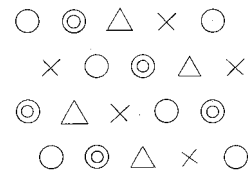


図-10 樹種数が4種類の場合の植栽配置図

表-3 北海道の道路のり面に適応する道内産緑化樹木(中低木)の生育特性一覧表

番号	植物名		植物情報						利用特性			自生分布				地域適応			
	樹種名	科名	常落別	性状	最大樹高(m)	標準樹高(m)	分布特性	生育特性	自殖性	市場性	流通在庫	発芽データ	自生区分	道南	道央	道東	道北	内陸地域	海岸地域
1	アキグミ	グミ	落葉	中木	4	4	道内	好陽性	◎	○	○	○	道内	○	○	×	△	○	○
2	チシマザクラ	バラ	落葉	中木	5	5	道内	好陽性	△	○	○	-	道内	○	○	○	○	○	△
3	ツリバナ	ニシキギ	落葉	中木	5	4	道内	半陰性	○	○	○	-	道内	○	○	○	○	○	○
4	ナツグミ	グミ	落葉	中木	5	4	道内	好陽性	○	○	○	-	道内	○	○	×	△	○	○
5	マユミ	ニシキギ	落葉	中木	5	5	道内	半陰性	○	○	○	○	道内	○	○	○	○	○	○
6	イボタノキ	モクセイ	落葉	低木	4	3	道内	半陰性	○	○	○	○	道内	○	○	○	○	○	○
7	エゾニフトコ	スイカズラ	落葉	低木	5	3	道内	好陽性	○	○	○	-	道内	○	○	○	○	○	○
8	エゾヤマハギ	マメ	落葉	低木	2	2	道内	好陽性	◎	○	○	○	道内	○	○	○	○	○	○
9	カンボク	スイカズラ	落葉	低木	5	3	道内	半陰性	○	○	○	-	道内	○	○	○	○	○	○
10	タニウツギ	スイカズラ	落葉	低木	2	2	道内	半陰性	○	○	○	○	道内	○	○	△	○	○	○
11	ノリウツギ	ユキノシタ	落葉	低木	5	3	道内	半陰性	○	○	○	○	道内	○	○	○	○	○	○

※1 最大樹高: 標準的な平地で生育した場合の最大樹高。

※2 標準樹高: 道路の切土のり面内での想定樹高(平地と切土のり面内での生長樹高に開きがあるものを補正した)。

※3 中木・高木の区分は文献⁵⁾により、中木を標準樹高で4m～8m、低木を標準樹高で2～3mとした。

※4 植物情報の内、常落別・分布特性・生育特性は文献¹¹⁾、自殖性は自然増殖や鳥散布などで確認レベルで判断した。

※5 利用特性の内、発芽データは種苗会社の学会発表データによる。

※6 自生分布・地域適応性は北海道の環境アセスメントの原典である文献^{8) 12)}による。

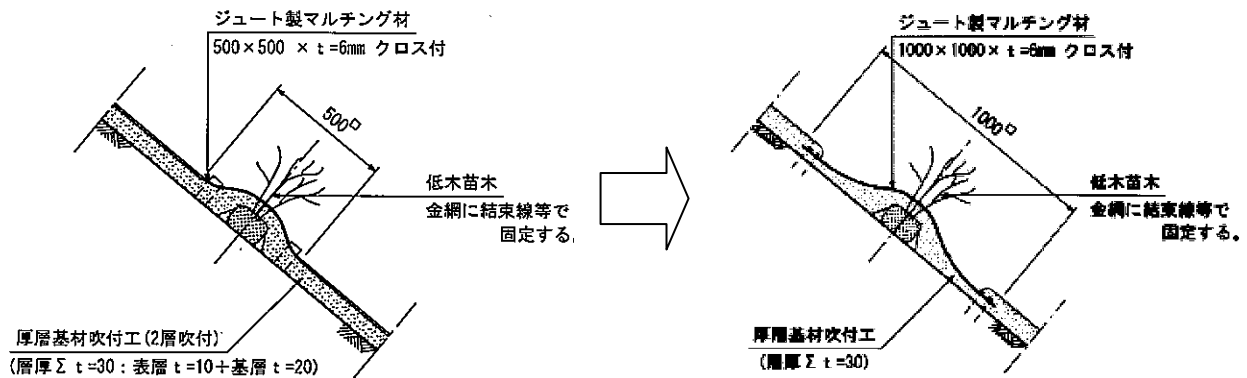


図-11 苗木保護を必要としない施工方法の例

c) 1層吹付工の検討

本現場では、地域性種苗の木本種子量を極力少なくするため、種子入り層と栄養層の2層吹付で計画を行った。しかし、施工段階において、自然公園内で採取されたエゾヤマハギの種子を大量に(約80kg)毎年在庫確保している種苗会社があることが判明した。1層吹付にすると施工効率が向上するので、コスト縮減と、工期短縮できる可能性が大きいので、今後は1層吹付を検討していきたい。

d) 苗木保護のための仮設を必要としない施工方法の検討

これまでの施工実績では苗木保護のためのマルチング寸法を0.5m×0.5mより小さくすると苗木の生存率が低くなるため⁴⁾、本現場では0.5m×0.5mとした。施工会社からの聞き取り調査では、図-11に示すように苗木周りのマルチング寸法を1m×1mにすると、吹付時に苗木保護のための仮養生が不要になるとのことなので、今後はこの方法による設計・施工を検討していきたい。

5. まとめ

- ・土壌硬度25mm以上、強アルカリ性でふとんかご部を含む現場にて、苗木設置吹付工で5種類、播種工で1種類の地域性種苗を用いた切土のり面の樹林化を計画した。
- ・施工1年後の追跡調査結果では、苗木生存率平均87%、播種で導入した樹種も計画数量の発生を確認した。
- ・のり面の短期的安定を図るために可能な限り草丈が低く、繁殖力の小さい種・品種を使用し、通常の4割の2,000本/m²の草本期待本数で配合し、工区外の5,000本/m²と比較したが、良好な植被率・草丈だった。
- ・吹付工には「NETIS情報内ののり面緑化工法(道内実績)の技術内訳」⁴⁾を活用し「恒生微生物菌緑化工法」を選定した。その結果、施工半年・1年後の土壌硬度は木本の根系の発達に適した数値まで改善された。
- ・中低木樹種選定表⁴⁾を25種から11種へ改良した。
- ・施工時期を限定しない中低木導入手法を検討した。
- ・2層吹付から1層吹付への変更を検討した。
- ・苗木保護のための仮設を必要としない施工方法を検討した。

7. おわりに

外来種問題を含めた生物多様性は多くの方面で取り上げられており、地域性種苗を用いたのり面の樹林化は今後一層求められる可能性がある。そのような場合に、本報告が有効に活用されることを望む。

本現場での施工および追跡調査は、平成22年度および23年度の北海道開発局試験フィールド制度を活用して行った。ご協力いただいた皆様に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針，pp. 45-268，平成21年6月。
- 2) 北海道開発局：道路設計要領，pp. 1-4-7・1-4-16～1-4-17，平成23年4月。
- 3) 寒地土木研究所：北海道の道路緑化に関する技術資料(案)，pp. 3-4～3-5，平成23年4月，<http://scenic.ceri.go.jp/manual.htm>
- 4) 横山博之・吾田洋一・松田泰明：道路の切土のり面への中低木導入の重要性と適用樹種選定，平成21年度北海道開発技術研究発表会論文集。
- 5) (社)日本建設機械化協会・(社)雪センター，除雪・防雪ハンドブック(防雪編)，平成16年12月，p. 155。
- 6) 松江正彦：生物多様性に配慮した法面緑化の現状と今後について，国土交通省関東地方整備局ホームページ，http://www.ktr.mlit.go.jp/kangi/kengaku/techno-kan/shutten/kouen/data/kouen6_kouenmatue.pdf
- 7) 新技術情報提供システム(NETIS)：国土交通省ホームページ，http://www.netis.mlit.go.jp/EvalNetis/All_Mnl.asp
- 8) 伊藤浩司・日野間彰：環境調査・アセスメントのための北海道高等植物目録IV合弁花植物，1987年3月，pp. 47～122。
- 9) (財)高速道路調査会・道路気象対策研究委員会，防雪施設に関する調査研究報告書，昭和50年2月，p. 53。
- 10) (社)地盤工学会，斜面の凍上被害と対策のガイドライン，平成22年3月，p. 94。
- 11) (社)北海道造園建設業協会，北海道の緑化樹，平成8年10月。
- 12) 伊藤浩司・日野間彰・中井秀樹：環境調査・アセスメントのための北海道高等植物目録III離弁花植物，1994年3月，pp. 190～345。
- 13) 小橋澄治・室井宏編：のり面緑化の最先端，ソフトサイエンス社，1995年4月，p. 162。
- 14) 吾田洋一・横山博之・上田真代：道路の切土のり面への樹木導入事例調査報告，平成21年度北海道開発技術研究発表会論文集。